

- нения и уничтожения химического оружия. Киров: Вятка, 2001, 473 с.
2. Савин Ю.И., Вишенкова Е.М., Пасынкова Е.М. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 1995, т. 39, № 4, с. 121.
 3. Щербаков А.А., Любуль Е.В., Кузнецов П.Е. и др. Трансформация люизита в объектах окружающей среды. Саратов: Научная книга, 2002, 80 с.
 4. Александров В.Н., Емельянов В.И. Отравляющие вещества. М.: Воениздат, 1990, 271 с.
 5. Горский В.Г., Моткин Г.А., Петрунин В.А. и др. Научно-методические аспекты анализа аварийного риска. М.: Экономика и информатика, 2002, 260 с.
 6. Карлссон Э., Конберг М., Руни П., Винтер С. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 1995, т. 39, № 4, с. 79–87.
 7. Менишуткин В.В. Имитационное моделирование водных экологических систем. С.-Петербург: Наука, 1993, 158 с.
 8. Великанов М.А. Русловой процесс (основы теории). М.: Гос.изд. ф.-м. лит., 1958, 396 с.
 9. Харбух Дж., Бонем-Картер Г. Моделирование на ЭВМ в геологии. М.: Мир, 1974, 320 с.
 10. Щербаков А.А., Мандыч В.Г., Скоробогатов А.Г. и др. Доклады Академии военных наук, 2005, № 4 (16), с. 77.
 11. Скоробогатов А.Г., Игнатов А.В., Щербаков А.А. Тез. докл. II научно-практ. конф. «Научно-технические аспекты обеспечения безопасности при уничтожении, хранении и транспортировке химического оружия». Москва, 2004, с. 124.

УДК 623.459.006.014.002.68

Токсиколого-гигиеническая оценка опасности отходов бывших предприятий по производству и использованию отравляющих веществ

А. С. Радилев, С. В. Нагорный, В. Р. Рембовский, Е. Е. Ермолаева, Е. И. Савельева, Н. В. Гончаров, Н. Л. Корягина, Е. А. Цибульская, Н. С. Хлебникова, Ф. А. Цимбал

НИИ гигиены, профпатологии и экологии человека Федерального медико-биологического агентства

При демонтаже и ликвидации предприятий, ранее связанных с крупнотоннажным производством или использованием токсичных веществ, в том числе бывших объектов по производству химического оружия, разрушаемые строительные конструкции рассматриваются как отходы, дальнейшая судьба которых (переработка, складирование, утилизация, уничтожение) зависит от уровня их потенциальной опасности для человека и окружающей среды. Отходами являются также оборудование, стеновые покрытия, коммуникации, гидроизоляционные, теплоизоляционные и другие материалы, находящиеся внутри производственных зданий. Все эти конструкции и материалы могут быть загрязнены соединениями, используемыми в технологическом цикле, и конечным продуктом производства при функционировании в штатном режиме и при нештатных ситуациях (разгерметизация, пролив, пожар, дегазация и т.п.). Кроме того, следует иметь в виду, что материалы, используемые при строительстве и эксплуатации промышленных зданий и сооружений, — это сложные, многокомпонентные системы, включающие широкий спектр неорганических и органических соединений, и как отходы они могут служить источником экологической опасности.

Все отходы, накапливаемые при реконструкции и сносе зданий предприятий, связанных с производством или использованием опасных веществ, должны направляться на переработку, захоронение или размещаться на полигонах после обязательного радиационного и санитарно-гигиенического контроля. В статье 14 Федерального закона «Об отходах производства и потребления» отходы должны быть ранжированы по классам опасности, отнесение к которым осуществляется на основе критериев их воздействия на окружающую природную среду. Уровень потенциальной опасности в соответствии с нормативными докумен-

тами, действующими на территории России, оценивается по «Классу опасности» [1–4]. Согласно гигиеническим требованиям к размещению и обезвреживанию отходов «производства и потребления» дальнейшее движение отходов определяется в зависимости от класса их опасности [5].

Однако стандартные подходы к вопросу о судьбе отходов бывших объектов по производству химического оружия недостаточны, поскольку остается нерешенной задача установления класса опасности отходов этих производств. В данном случае предъявляются строгие требования к решению этой задачи в связи с тем, что места депонирования промышленных отходов могут являться источником последующего неблагоприятного воздействия на окружающую среду и опосредованно на человека.

Проблема оценки опасности отходов бывших производств химического оружия сопряжена с рядом факторов, затрудняющих ее решение. Это длительные сроки, прошедшие со времени непосредственного контакта токсичных химикатов и материалов отхода; ограниченные сведения о поведении токсикантов в различных материалах в течение длительного времени; как правило, наличие малых количеств вещества или его отсутствие, превалирование продуктов деструкции; многообразие видов материалов, которые необходимо рассматривать как отходы, загрязненные токсичными веществами; широкий спектр продуктов взаимодействия токсичного вещества с компонентами матрицы и реагентами, как правило, не охарактеризованными параметрами токсичности; отсутствие методологии согласованного химико-аналитического и токсикологического анализа.

Очевидно, что для определения класса опасности отходов, содержащих токсичные химикаты, требуются нестандартные методические подходы.

Для реализации данной проблемы необходимо решение следующих основных задач.

1. Организация отбора репрезентативных проб для токсиколого-гигиенического исследования, которые должны отражать все многообразие отходов, на основе информации об условиях производства, имевших место нарушениях технологии, аварийных и нестандартных ситуациях и др.

2. Отработка методики анализа проб для установления факта присутствия или отсутствия токсичного вещества в отходах. Анализ вызывает немало трудностей: сложность извлечения вещества из матрицы, маскирующие влияния сопутствующих компонентов, неоднородный состав отходов и свойств матриц различного типа, влияющих на деградацию токсичного вещества и др.

3. Оценка опасности матрицы (материала) в токсикологическом эксперименте в основном по неспецифическим признакам интоксикации. Определение характерных, специфических для каждой группы токсичных химикатов признаков интоксикации не представляется возможным ввиду относительно небольшого содержания токсиканта и маскирующего влияния многообразных компонентов матрицы.

Организация отбора проб

При определении численности проб и мест пробоотбора необходимо принимать во внимание многообразие подлежащих анализу материалов, условия бывшего производства, возникавшие нестандартные ситуации, места возможного загрязнения отходов. Так, например, ретроспективный анализ полноты и качества санитарно-противоэпидемических мероприятий с учетом содержания остаточных количеств вещества типа Vx в производственной среде бывшего объекта по производству химического оружия — Обособленного завода 4 ОАО «Химпром» (г. Новочебоксарск Чувашской Республики) показал, что вещество в воздухе рабочей зоны, в промывных и сточных водах, в конденсате, в сколах и соскобах строительных конструкций в основном содержалось на уровне концентрации, минимально определяемой методом анализа. Ранее, в период после прекращения функционирования производства и проведения ликвидационных работ, отмечалось незначительное загрязнение веществом типа Vx поверхностей технологического оборудования, строительных конструкций в 0,9 и 1,4% проб. Максимальный уровень загрязнения составлял на поверхности оборудования до 3,6 ПДУ, на поверхности строительных конструкций — до 3,9 ПДУ. Наиболее высокие уровни загрязнения отмечались в период выполнения ремонтно-восстановительных работ, при аварийных ситуациях и ликвидации их последствий. Информация о нестандартных ситуациях служила непосредственным указанием на отбор проб материалов в конкретных помещениях. Например, объединенные пробы кабельно-проводниковой продукции формировались из проб, отобранных в отделении, где при разгерметизации линии трубопровода максимальный уровень содержания вещества типа Vx на поверхности диабазового пола составлял десятки ПДУ. Если по данным ретроспективных анализов различные помещения были загрязнены в равной степени, то выбирались места отбора проб из производственных помещений, под-

вергавшихся большей опасности загрязнения в период функционирования бывшего производства.

Самостоятельный анализ был проведен относительно широкого спектра строительных материалов как отходов, потенциально загрязненных токсичными химикатами и влияющих на их деградацию. Это бетон, кирпич (силикатный, глиняный); гидроизоляция перекрытий; теплоизоляция (стекловолокно, минеральное волокно, асбест); сталь без лакокрасочных покрытий и с покрытием (технологическое оборудование и аппараты); трубопроводы (элементы конструкций вентиляционных систем); электрические кабели (в изолирующей оплетке, систем электроснабжения, управления, связи, сигнализации и т.п.); тканевые и резино-тканевые изделия (средства индивидуальной защиты, пожарные рукава и т.п.); активированный уголь; керамика (насадка колонок и скрубберов).

Все многообразие факторов, присущих ситуации, максимально учтено в «Методических рекомендациях по отбору, транспортировке, порядку подготовки и анализу проб отходов». Данный регламент включает скрининговый метод «Выполнение измерений массовой концентрации вещества типа Vx», обеспечивающий «фильтрацию» огромного массива проб при поиске загрязненных веществом химических матриц в сжатые сроки. Метод основан на реакции ферментативного гидролиза субстрата ацетилтиохолина ацетилхолинэстеразой, ингибируемой веществом типа Vx (выделяющийся тиохолин вводит в реакцию с 5,5'-дифтало-бис(2-нитробензойной кислотой) с образованием окрашенного в желтый цвет аниона). Метод имеет чувствительность $5 \cdot 10^{-5}$ мг/кг при коэффициенте извлечения вещества 0,25. Чувствительность метода лимитирована количеством отбираемого для анализа материала (10 г) и при необходимости может быть повышена путем увеличения пробы (до 50—100 г). Специфичность методики обеспечивается устранением возможных мешающих примесей при рекстракции в процессе пробоподготовки.

Скрининговым биохимическим методом было проанализировано более 2000 проб, отобранных в производственных помещениях Обособленного завода 4 ОАО «Химпром». По результатам анализов был составлен список проб для последующего физико-химического анализа и экспериментального определения токсичности отходов. При этом соблюдался принцип равномерного охвата всех карт пробоотбора.

Анализ проб. Определение класса опасности отходов

В общую схему дальнейших исследований были включены следующие блоки:

— идентификация компонентов отходов хромато-масс-спектрометрическим методом анализа пробы;

— оценка опасности токсичных отходов расчетным методом на основе результатов химического анализа отходов;

— моделирование поступления токсичных компонентов из образцов полимерных материалов в контактные среды (воздух, вода) с целью определения водно-миграционного и воздушно-миграционного показателей;

— определение интегральной токсичности проб строительных материалов методом биотестирования (с

использованием в качестве тест-объектов зоопланктона *Daphnia magna* Straus, рыб *Poecilia reticulatus* Peters и водорослей *Chlorella vulgaris* Beijer);

— изучение влияния отходов на почвенно-растительную систему (окислительно-восстановительный потенциал почвы, влияние на микрофлору, фитотоксичность);

— оценка токсического действия отходов на экспериментальных животных (острая токсичность при ингаляционном, внутрижелудочном, внутрибрюшинном и накожном воздействии, исследование кожно-резорбтивного действия и способности к кумуляции в подостром опыте).

Критериями при определении класса опасности промышленных отходов являются водно-миграционный и воздушно-миграционный показатели, биологическая активность почвы, токсичность для гидробионтов и растений, острая и подострая токсичность для лабораторных животных в эксперименте, компонентный состав отходов [3].

С учетом данных о поведении вещества типа Vx [6] строительные материалы по характеру их воздействия на Vx можно условно разделить на три группы: индифферентные (песок), разрушающие (бетон, известь, штукатурка), консервирующие (некоторые виды полимерных материалов, асфальт, битум, масляные краски). В индифферентных строительных материалах разрушение вещества типа Vx не ускоряется и не ингибируется, в разрушающих — ускоряется, в консервирующих — ингибируется. Степень ингибирования определяется преимущественно степенью липофильности матрицы и ее химическим составом. Согласно исследованиям, проведенным в Институте биологических исследований Израиля, стабильность вещества Vx, а также одного из основных продуктов его распада бис(диизопропиламиноэтил)дисульфида в асфальте в течение 30 мин после внесения их сохраняется на уровне, близком к 100%, и эти вещества могут быть практически полностью извлечены из матрицы. Через 100 дней из асфальта удается извлечь 25% от первоначального количества Vx, при этом период полураспада Vx в асфальте составляет 13,6 дня. Практически синхронно со снижением содержания Vx в асфальте уменьшается содержание дисульфида. Сопоставление сведений, приведенных в работах [6, 7] приводит к выводу о том, что период полураспада Vx в асфальте приблизительно в три раза превышает период его полураспада в нейтральных водных растворах. Однако следует подчеркнуть, что приведенные выше сведения относятся к «американскому», но не «российскому» веществу Vx. В отношении российского продукта можно лишь предположить, что, являясь более персистентным, он должен обнаруживать не меньшую, а возможно и большую устойчивость во всех материалах.

Дефицит сведений существует и в отношении состава продуктов распада вещества Vx в строительных материалах. Нами был использован опыт НИИ гигиены, профпатологии и экологии человека по идентификации продуктов гидролиза вещества Vx российского производства щелочно-спиртовыми реагентами [8—11].

Подготовку к физико-химическому анализу, собственно анализ и интерпретацию полученных данных проводили в соответствии с «Рекомендуемыми рабочими процедурами ОЗХО» (Организация по запреще-

нию химического оружия)»; (Recommended operating procedures for sampling and analysis in the verification of chemical disarmament. Helsinki, 1994. ISBN 951-724-008-2). Методом статического парофазного анализа в сочетании с газовой хроматографией и масс-спектрометрией определяли в равновесной газовой фазе содержание легколетучих компонентов, ответственных за ингаляционную токсичность. Для количественного определения среднелетучих и нелетучих компонентов (мигрирующих в воду и липофильные среды) в составе материалов строительных конструкций использовали жидкостную экстракцию, дериватизацию (силилирование) и последующий анализ методом газовой хроматографии в сочетании с масс-спектрометрией.

В пробах бетона, штукатурки и цемента наряду с компонентами матрицы — соединениями, входящими в состав строительных материалов, а также с компонентами технологических сред, дегазирующих композиций и средств пожаротушения было обнаружено более двадцати продуктов превращения либо распада вещества Vx (изобутилметилфосфонат, метилфосфонат, различные тио- и тионфосфонаты и фосфаты, амины и др.). В отдельных пробах содержание некоторых из этих продуктов было весьма высоким — сотни и даже тысячи мг/кг, что свидетельствует, с одной стороны, о высокой степени контаминации (загрязнения) строительных конструкций веществом Vx в прошлом и, с другой стороны, об активном разложении отравляющего вещества как дегазирующими составами, так и самой щелочной матрицей бетона. Продукты распада или взаимодействия Vx, идентифицированные в исследованных образцах строительных материалов, суммированы в таблице.

В отходах лакокрасочных покрытий строительных конструкций, металлических отходах, отходах кабельно-проводниковой и полимерной продукции, отходах

Таблица

Продукты распада вещества Vx российского производства, обнаруженные в пробах строительных материалов

Продукт деструкции Vx
(2-Этоксиэтил)диэтиламин
2-(Диэтиламино)этантиол
N,N-Диэтилкарбамилхлорид
N,N-Диэтилформамид
Бис(N,N-диэтиламиноэтил)дисульфид
Изобутиловый эфир метилфосфоновой кислоты
Метилвый эфир диэтилкарбаминовой кислоты
Метилтионфосфоная кислота
Метилфосфоная кислота
O,O'-Диизобутил-S-(3-изобутилтипропил)тионфосфат или O-изобутил-S-изобутил-S-(3-изобутилтипропил)дитиофосфат
O,O'-Диизобутил-S-изобутилтионфосфат или O-изобутил-S,S-диизобутилдитиофосфат
O,O'-Диизобутил-S-изобутилтиофосфат или O,O,O-триизобутилтионфосфат
O-Изобутиловый эфир метилтиофосфоновой кислоты
Триизобутилфосфат
Триэтиламин

гидроизоляции межэтажных перекрытий совместно с напольной плиткой и связующим раствором продуктов разложения Vx физико-химическими методами анализа с чувствительностью на уровне $> 0,1$ мг/кг не обнаружено. Это можно объяснить отсутствием контаминации отходов веществом Vx, а в случае загрязнения крайне низкой удерживающей способностью исследуемых материалов в отношении Vx и (или) продуктов его превращения, возможно также удерживание Vx без его разложения.

Экспериментально подтверждена высокая удерживающая способность по отношению к Vx полиизобутилена, использовавшегося в качестве гидроизоляции. Методом высокотемпературной твердофазной микроэкстракции было установлено, что вещество Vx в случае нанесения его на измельченный полиизобутилен в количестве $0,01$ – $1,0$ мг/кг полимера не удается обнаружить в равновесной паровой фазе даже непосредственно после нанесения и перемешивания. При биохимическом исследовании перечисленных выше отходов строительных и вспомогательных материалов вещество Vx было обнаружено в «грязной» зоне в концентрациях, превышающих ПДК в почве от 2 до 5,4 раз.

По данным обзорного химического анализа исследованные пробы загрязнены преимущественно органическими соединениями, характерными для конструкционных материалов — мономерами полимерной основы, связующими веществами, органическими растворителями, стабилизаторами, пластификаторами и т.д.

По данным физико-химического анализа проведена расчетная оценка опасности отходов. Расчет строился на математико-статистической модели, основанной на учете набора первичных показателей опасности (токсикологических, санитарно-гигиенических) для каждого компонента отхода.

Однако полученный коэффициент степени опасности отходов, содержащих такой супертоксикант, как вещество Vx, (0,06), не позволяет адекватно оценить реальную опасность отходов. Из-за исключительной высокой токсичности вещества типа Vx, его способности вызывать отдаленные во времени токсикологические эффекты, возможности образования токсичных продуктов деструкции [12–14] методы, которые изложены в «Санитарных правилах по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления» (СанПиН 2.1.7.1386-03), непригодны, поскольку нормирование отходов по Vx в интервале оценки, соответствующей 4 классу опасности, допускает присутствие до 6 мг/кг Vx (или 120000 ПДК в почве) [3].

Нами был найден выход из данной ситуации. Для определения опасности отходов, содержащих супертоксиканты, нестойкие или находящиеся в условиях, не способствующих их стабильности, [15], за основу был принят подход, используемый в «Санитарно-эпидемиологических требованиях к качеству почвы» (СанПиН 2.1.7.1287-03). Согласно этому подходу, степень опасности загрязнения почв органическими веществами оценивается в зависимости от кратности превышения ПДК веществ в почве [16]: при отсутствии превышения ПДК почва определяется как «чистая», при содержании вещества в диапазоне от 1 до 2 ПДК — с допустимой опасностью, 2–5 ПДК — как опасная, более 5 ПДК — как чрезвычайно опасная.

В нашей трактовке категории опасности отходов представлены следующим образом. В случае обнаружения вещества типа Vx при условиях, не способствующих его стабильности в отходах (высокое значение pH, влажность), на уровне, не превышающем ПДК, отходы характеризуются как «малоопасные» (4 класс опасности), при содержании Vx на уровне 1–2 ПДК — «умеренно опасные» (3 класс опасности), при содержании Vx на уровне 2–5 ПДК — «высоко опасные» отходы (2 класс опасности) и при содержании более 5 ПДК — «чрезвычайно опасные» (1 класс опасности).

Вместе с тем для определения класса опасности отходов дополнительно к фактору превышения в них ПДК вещества Vx необходимо учитывать его способность сохраняться в некоторых строительных материалах в течение нескольких лет [6]. В целях обеспечения санитарно-эпидемиологической безопасности персонала указанных объектов и населения на прилегающих территориях при оценке опасности отходов мы ориентировались на принцип, заложенный в Федеральном классификационном каталоге отходов по определению класса опасности отходов, содержащих супертоксиканты и персистентные вещества (полихлорированные дифенилы и трифенилы, остатки крезола, тетраэтилсвинца и др.) [17]. Согласно этому документу, все отходы, содержащие перечисленные соединения в значимых количествах, причисляются к 1 классу опасности. Отметим, что по данным наблюдений за состоянием производственной среды в течение 19 лет после завершения работ по производству вещества типа Vx, в смывах со строительных конструкций, в ряде строительных материалах постоянно обнаруживали вещество Vx биохимическим методом, нередко в концентрациях выше ПДУ. По данным химического анализа «глубинных» проб, выполняемого газохроматографическим методом [18], в более чем в 4% смывов превышено ПДК вещества Vx в почве. Достаточно высокая стабильность Vx в концентрациях, близких к ПДК, в материале строительных конструкций возможно достигается за счет его «инкапсулирования» в органической составляющей строительных материалов, что позволяет рассматривать вещество Vx как стабильное в условиях бывших производств химического оружия.

Таким образом, показатель стабильности отравляющего вещества в конкретной химической матрице и содержание его остатков в отходах следует принять за основные критерии при установлении класса опасности отходов.

Токсикологическая оценка отходов

По результатам токсикологических исследований отходов установлено, что наиболее чувствительным звеном при биотестировании являются *Daphnia magna* по сравнению с мальками рыб и водорослями. Гибель мальков *Roeilia reticulatus* отмечалась только в тех образцах, в состав которых входила смесь бетона и диабазовой плитки. В соответствии с результатами исследований на гидробионтах (дафниях и мальках рыб) все предоставленные пробы отходов следует отнести к 3–4 классу опасности.

Изучение влияния отходов на почвенно-растительную систему показало, что экстракты отходов обладают слабым фитотоксическим эффектом. По

состоянию почвенных микроорганизмов все отходы следует квалифицировать как малоопасные.

Биологического ответа на наличие Vx методом пупиллометрии не выявлено (принцип метода пупиллометрии состоит в регистрации зрачковой реакции).

В токсикологических острых экспериментах на грызунах смертельные дозы не были достигнуты; при внутрижелудочном и внутрибрюшинном введении водных экстрактов отходов и накожных аппликациях суспензии отходов специфического действия, характерного для фосфорорганических отравляющих веществ, не выявлено.

Основным биологическим эффектом отходов и суммы токсикантов, входящих в состав отходов бывших производств химического оружия, является общетоксическое действие, обусловленное общепромышленными загрязнителями и продуктами деструкции.

Таким образом, с использованием описанного подхода были решены задачи по санитарно-эпидемиологической диагностике потенциальной опасности условий труда персонала при проведении ликвидации объектов по производству химического оружия, определены классы опасности строительных отходов, проведено зонирование помещений по группам опасности («грязные», «чистые»). Разработаны санитарно-эпидемиологические рекомендации по проведению мероприятий, направленных на снижение риска для здоровья персонала и обеспечение высокого уровня безопасности ликвидационных работ на бывших производствах химического оружия. Все строительные отходы дифференцированы по степени опасности. Загрязненные строительные отходы поступили на термическое обезвреживание [19].

Обезвреживание твердых отходов

Система обезвреживания твердых отходов, образующихся при демонтаже предприятия, включает установку термообезвреживания твердых отходов (фрагментов оборудования, металлических конструкций, активированного угля, средств индивидуальной защиты, фильтров, ветоши и других отходов, потенциально загрязненных веществом Vx) и установку термообезвреживания строительного мусора. Процесс термообезвреживания твердых отходов осуществляется при температуре 500–900 °С с последующим доокислением образовавшихся абгазов в камере дожига при 1200 °С в течение 2 с. Очистка дымовых газов, выделяемых при термодегазации твердых отходов, происходит в абсорбере с раствором едкого натра, а газов от термодегазации строительного мусора — в абсорбере с соевым раствором. Абгазная жидкость направляется также на термообезвреживание. Предусмотрено пыле- и золоулавливание при операциях выгрузки из термоустановок производственных отходов, а также улавливание солей и золы на выходе абгазов из дымовой трубы установки термообезвреживания.

После термического обезвреживания строительный мусор, накопленный при уничтожении не являющихся несущими строительными конструкциями и защитных покрытий, металлические отходы, образованные при демонтаже оборудования и коммуникаций, зола от узла золоулавливания прошли токсиколого-гигиеническую оценку с целью определения класса опасности.

Проведенные токсиколого-гигиенические исследования показали, что существующая система термо-

обезвреживания позволяет решить главную задачу — уничтожение остаточных количеств вещества Vx и продуктов его превращений. Биохимическим анализом ни в одной из исследованных проб вещества Vx в концентрации более $5,0 \cdot 10^{-5}$ мг/кг не было обнаружено. Среди летучих и среднелетучих компонентов проб методами физико-химического анализа (чувствительность 0,1 мг/кг) продуктов превращений вещества Vx российского производства также не обнаружено.

Таким образом, результаты количественного химического и биохимического анализа отходов, ориентировочные водно-миграционный и воздушно-миграционный показатели, а также токсиколого-гигиеническая оценка с использованием гидробионтов, фитотестов, реакции почвенно-растительной системы, однократные и подострые исследования дают основания прийти к следующему заключению относительно степени опасности бывших объектов по производству химического оружия.

1. Отходы в виде строительного мусора после термического обеззараживания следует отнести к 4 классу опасности — малоопасные отходы.

2. Отходы золы от узла золоулавливания после термообработки следует отнести к 3 классу — умеренно опасные отходы.

Для обеспечения гарантии безопасного функционирования установки термообезвреживания и для оперативного реагирования на чрезвычайные ситуации, связанные с возможными нарушениями технологического режима термообезвреживания, необходим постоянный химико-аналитический контроль воздушных выбросов и твердых отходов. Для этого должен быть предусмотрен автоматический контроль за содержанием в дымовых газах после камеры обезвреживания и перед дымовой трубой CO, NO_x, O₂, пыли и за содержанием токсичных компонентов в составе обезвреживаемого строительного мусора и в дымовых газах на выходе из установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон РФ от 24.06.98 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления». Принят Государственной Думой 22 мая 1998 года. Одобрен Советом Федерации 10 июня 1998 года.
2. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (с изменениями от 30 декабря 2001 г., 10 января, 30 июня 2003 г., 22 августа 2004 г.).
3. Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления. СП 2.1.7.1386-03. (Зарегистрировано в Минюсте РФ 19.06.2003 № 4755).
4. «Об утверждении критериев отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды». (Приказ МПР РФ от 15.06.2001 г. № 511).
5. Санитарно-гигиеническая оценка стройматериалов с добавлением промтоходов. МУ 2.1.674-97.
6. Gura S. e. a. The 8 th Conf. of the Israel Analytical Chemistry Society, Jan. 11—12, 2005.
7. Crenshaw M.D. e. a. J. Appl. Toxicol., 2001, Dec. 21 Suppl., p. 53—56.
8. Savel'eva E.I. e. a. 25th Int. Symp. on Capillary Chromatography. Riva del Garda, Italy, May 13—17, 2002, № 09 (CD ROM).
9. Савельева Е.И. и др. Ж. аналит. химии, 2003, т. 58, № 2, с. 135—145.
10. Савельева Е.И. и др. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2002, т. 46, № 6, с. 82—91.
11. Savel'eva E.I. e. a. Shimadzu NEWS, 2003, № 1, p. 6—8.

12. Радиков А.С., Гончаров Н.В., Ермолаева Е.Е., Глашкина Л.М., Кузнецов А.В., Хаткевич А.Н., Авдонин П.В. и др. В сб.: Медико-биологические проблемы противолучевой и противохимической защиты: Тр. научно-практ. конф. ВМедА, СПб.: Фолиант, 2004, с. 68—69.
13. Ermolaeva E.E. In: Ecological Risks Associated with the Destruction of Chemical Weapons. Eds. V.M. Kolodkin, W. Ruck. Springer, Netherlands, 2006, p. 307—314.
14. Goncharov N.V., Radilov, A.S., Ermolaeva E.E., Glashkina L.M., Mindukshev I.V. Kuznetsov S.V., Khatkevich A., Kuznetsov A.V. 8 th Int. Symp. on Protection against Chemical and Biological Warfare Agents. Gothenburg, Sweden, Medical aspects, 2004.
15. Mizrahi D.M., Columbus I. Environ Sci Technol., 2005, v. 39, p. 8931—8935.
16. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. СанПиН 2.1.7.1287-03 N 4500 05.05.03. М., 2004, 15 с.
17. Федеральный классификационный каталог отходов (утв. Приказом МПР РФ от 2 декабря 2002 г. № 786).
18. Методика выполнения измерений массовой доли вещества типа Vx в шламах газохроматографическим методом. Свидетельство об аттестации МВИ № 031-05-113-04.
19. Радиков А.С., Нагорный С.В., Ермолаева Е.Е., Хлебникова Н.С., Тидген В.П., Цибульская Е.А. Научно-технические аспекты обеспечения безопасности при уничтожении, хранении и транспортировке химического оружия. Тез. III Научно-практ. конф., октябрь 2006, ФУ БХУХО. Москва, 2006, с. 240—243.